
MEZCLA DE EXTRACTOS DE *Annona cherimola* (Annonaceae) y *Ocimum tenuiflorum* (Lamiaceae) CON POSIBLE ACTIVIDAD LARVICIDA CONTRA *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae)

Catalina Muñeton-Cifuentes ¹, Sara Muñoz-Gutiérrez ².

Química Farmacéutica, Facultad de ciencias y biotecnología, Universidad CES, Medellín- Antioquia.

RESUMEN

Se han desarrollado estrategias para reducir la población del mosquito *Aedes aegypti*, que es el principal vector de enfermedades Arbovirales como el dengue. Esto se ha llevado a cabo con métodos como la eliminación de criaderos y el uso de insecticidas de síntesis para reducir la supervivencia. En este trabajo, por medio de la investigación se busca evaluar alternativas naturales que no solo mitiguen los daños al medio ambiente, sino que también que reduzcan la resistencia que ha generado este mosquito a los larvicidas sintéticos. Se hace una revisión de artículos y bases de datos sobre actividad larvicida de extractos naturales y ahí se decide enfocar la investigación en las plantas *Annona cherimola* y *Ocimum tenuiflorum* y se notan resultados muy positivos que si se aplican podrían ser una alternativa eficiente para controlar la proliferación del mosquito desde su estado larvario.

Esta revisión comprende artículos entre los años 1994 a 2021, se encuentra que la actividad larvicida de la *annona cherimola* se concentra más en sus semillas y de *Ocimum tenuiflorum* en las partes aéreas como las hojas. Se describieron varios compuestos de los aceites esenciales con potencial efectivo contra *A. aegypti* donde se destacan de *A. cherimola* el α -humuleno y trans-Cariofileno y, de *O. Tenuiflorum* el Carvacrol, Eugenol y Linalool.

Después de hacer la revisión de los trabajos relacionados con estas plantas y su actividad larvicida, se sugiere una mezcla entre las dos especies mencionadas siendo una alternativa útil que puede evitar que el mosquito llegue a la fase adulta donde la hembra infectada causa la picadura para alimentarse y así transmite las enfermedades que se pueden propagar rápidamente y así contribuir a la salud humana.

Palabras clave:

Rendimiento, extracción, aceite esencial, Dengue, larvicidas naturales, vector, sinergia

Recibido: xx de febrero de 20xx. Aceptado: xx de Junio de 20xx

Received: February xx, 20xx Accepted: June xx, 20xx

MIXTURE OF EXTRACTS OF *Annona cherimola* (Annonaceae) and *Ocimum tenuiflorum* (Lamiaceae) WITH POSSIBLE LARVICIDAL ACTIVITY AGAINST *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae).

ABSTRACT

Strategies have been developed to reduce the population of the *Aedes aegypti* mosquito, which is the main vector of Arbovirals diseases such as dengue. This has been done with methods such as the elimination of breeding sites and the use of synthetic insecticides to reduce survival. In this work, through research we seek to evaluate natural alternatives that not only mitigate damage to the environment

environment, but also reduce the resistance that this mosquito has generated to synthetic larvicides. A review of articles and databases on larvicidal activity of natural extracts is made and there it is decided to focus the research on the *Annona cherimola* and *Ocimum tenuiflorum* plants and very positive results are noted that if applied they could be an efficient alternative to control proliferation of the mosquito from its larval stage.

This review includes articles between the years 1994 to 2021, it is found that the larvicidal activity of annona cherimola is more concentrated in its seeds and of *Ocimum tenuiflorum* in the aerial parts such as leaves. Several compounds of essential oils with effective potential against *A. aegypti* were described, where α -humulene and trans-Caryophyllene stand out from *A. cherimola* and Carvacrol, Eugenol and Linalool from *O. tenuiflorum*.

After reviewing the works related to these plants and their larvicidal activity, a mixture between the two mentioned species is suggested, being a useful alternative that can prevent the mosquito from reaching the adult stage where the infected female causes the bite to feed and thus transmits diseases that can spread rapidly and thus contribute to human health.

Keywords:

Yield, extraction, essential oil, Dengue, natural larvicides, vector, synergy.

1. Introducción

El mosquito *Aedes aegypti* es el principal vector del virus del dengue y otras enfermedades infecciosas como el Zika y chikungunya, que afectan principalmente a mujeres, niños y adultos mayores (Organización mundial de la salud, n.d.). Esto conlleva a un problema creciente de salud pública en Colombia y otros países representando una amenaza latente para la salud humana. Se pretende demostrar qué efectos y alcances principalmente las poblaciones con suministro inadecuado de agua potable y el manejo inadecuado de desechos sólidos pueden influir directamente en el aumento y propagación del vector. Teniendo en cuenta el comportamiento que ha tenido el dengue en distintas regiones, se pretende demostrar la importancia de desarrollar nuevas alternativas para la solución de este problema por medio de la obtención de un extracto de origen natural ya que el uso de larvicidas sintéticos, como el Temefos, no solo afectan el medio ambiente, sino que también se ha demostrado que el *A. aegypti* puede desarrollar resistencia lo que aumenta la incidencia de casos (Organización mundial de la salud, n.d.).

Se realiza esta monografía de investigación a partir de la búsqueda de trabajos relacionados con la actividad larvicida de los extractos de *Annona cherimola* y *Ocimum tenuiflorum* para luego sugerir una mezcla alternativa entre las dos especies contra las larvas de *A. aegypti*, evitando así que el mosquito llegue a la fase adulta donde se propaga rápidamente, así también se busca mitigar el impacto ambiental y contribuir a la salud humana (Maestre et al., 2009).

2. Métodos y criterios de selección

Se realizó una revisión-bibliográfica que abarca los años 2002-2020 empleando las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, ScieceDirect, Google académico y Scielo. Tomando en cuenta como criterios de selección: mecanismos sintéticos de control utilizados actualmente, características del vector desde su estado larvario y principales compuestos de las especies de interés de las familias Annonaceae y Lamiaceae, que presentan actividad larvicida y posible efecto sinérgico a partir de la mezcla de estos extractos.

3. Vector *Aedes Aegypti* y su ciclo de reproducción.

El mosquito *A. aegypti* perteneciente a la familia Culicidae, es un insecto antropofílico conocido como el principal vector de los virus que causan el dengue y otras enfermedades como el Zika y chikungunya. Se

tienen el uso de extractos naturales como medio de control del *A. aegypti* desde su estado larvario.

Esto a su vez, por tratarse de un extracto natural, reduce el impacto negativo al medio ambiente que causan los larvicidas sintéticos de uso actual como el Temefos (Castro-Orozco et al., 2015).

El mosquito *A. aegypti* es una especie tropical y subtropical ampliamente distribuida alrededor del mundo, se adapta y reproduce en zonas urbanas y rurales afectando

adapta y reproduce en zonas urbanas y rurales muy cerca de los seres humanos (*Aedes Aegypti* - EcuRed, n.d.).

El ciclo de vida de la especie *A. aegypti*, como se ilustra en la figura 1, comprende varias etapas: huevo, cuatro estadios larvales, pupa y adulto (*Aedes Aegypti* - EcuRed, n.d.).

Los mosquitos hembra tienen la capacidad de poner de 80 a 150 huevos, cuatro veces al día, por lo general los depositan en las paredes de recipientes con agua estancada como albercas, floreros de plantas acuáticas, llantas, baldes y cualquier recipiente que pueda almacenar agua teniendo en cuenta que los hábitats interiores son menos susceptibles a variaciones climáticas, lo que aumenta la longevidad de estos mosquitos (Organización mundial de la salud, n.d.). Allí se desarrollan y demoran entre 7 y 10 días las larvas para convertirse a su forma adulta donde la hembra es la que transmite el virus por medio de la picadura al humano ya que ella es la que necesita la sangre para alimentar sus huevos (Organización mundial de la salud, n.d.). Antes de esto, el virus infecta el intestino medio del mosquito y luego se extiende hasta las glándulas salivales en un período de entre 8 y 12 días. Tras este período de incubación, el mosquito puede transmitir el virus a las personas al picarlas con fines exploratorios y alimentarse (*Aedes Aegypti* - EcuRed, n.d.).

Etapas del ciclo de vida de los mosquitos *Aedes aegypti*.

Huevo: Una vez la hembra deposita sus huevos sobre un recipiente que contenga agua, estos se adhieren desde el nivel del agua hacia arriba. Los huevos miden aproximadamente 1 mm de longitud, son de forma alargada, al momento de la postura son blancos, pero rápidamente cambian a negro brillante. Si el ambiente es húmedo y cálido son fecundados en 48 h, pero puede prolongarse a cinco días si bajan las temperaturas; resisten largos períodos de desecación, hasta por un año, lo que es uno de los principales obstáculos para su control.

Larva: La fase larval es el período de alimentación y crecimiento, el tiempo de desarrollo de las larvas varía

de acuerdo a condiciones de temperatura del agua, densidad de larvas y alimento disponible, pero por lo general tarda de 7 a 14 días (*Aedes Aegypti* - EcuRed, n.d.).

Las larvas son exclusivamente acuáticas, las de *A. aegypti* se distinguen a simple vista de las de otros

géneros: en la superficie del agua se mantienen casi verticales y nadan con un característico movimiento serpentino. Las larvas tienen cabeza pequeña y redondeada con antenas cortas y poco visibles, el tórax es reducido y más abultado que el abdomen (*Nely Guillermina Zúñiga Cárdenas, n.d.*).

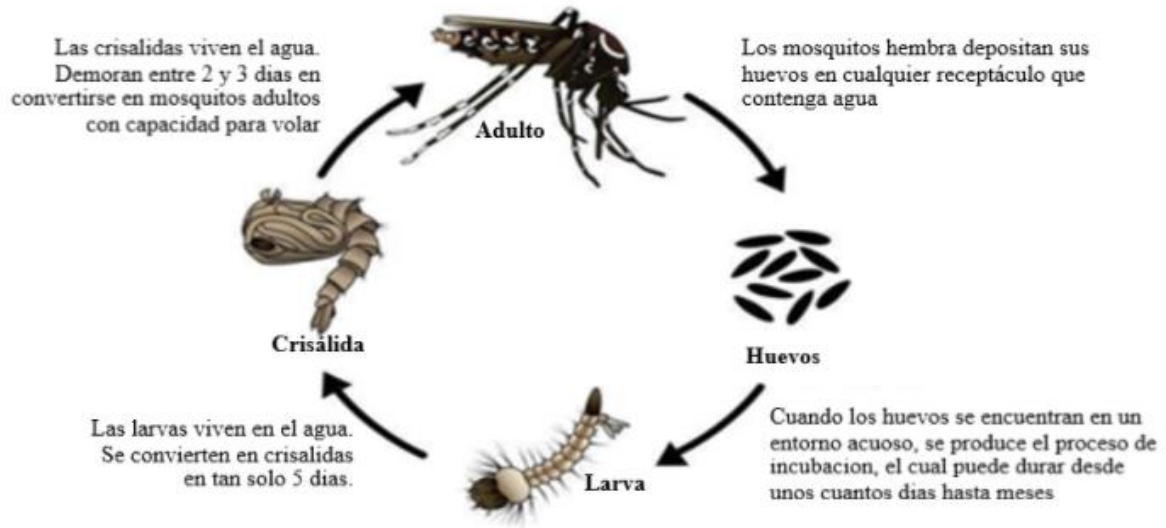


Figura 1 Ciclo de vida de la especie *Aedes aegypti*.

Imagen tomada de: <https://www.cdc.gov/zika/pdfs/spanish/MosquitoLifecycle-sp.pdf>

Pupa: Las pupas también son acuáticas, no se alimentan; su función es la metamorfosis del estadio larval al adulto. Son de tamaño pequeño con relación a las otras especies de mosquitos y presentan en su cefalotórax dos tubos respiratorios cortos y gruesos.

Fase adulta: Es la fase reproductora de *A. aegypti*. Es un mosquito oscuro con bandas blancas en las bases de los segmentos torales y un característico diseño en forma de lira en la sección del tórax del mosquito. Tiene un tiempo de vida de aproximadamente un mes (*Aedes Aegypti* - EcuRed, n.d.).

4. Enfermedades transmitidas por el vector *A. aegypti*.

Este trabajo se centró en un problema de salud pública vigente a nivel global, ya que, hablando de enfermedades transmitidas por artrópodos, el dengue es una de las más frecuentes y llega a causar fiebres hemorrágicas que pueden ser fatales para el ser humano (*Cardona-Ospina et al., 2021; Castro-Orozco et al., 2015*). En Colombia, la principal fuente de información respecto a la ocurrencia de casos de dengue, chikunguña y zika, es el Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SIVIGILA) del Instituto Nacional de Salud, y su medio de divulgación es el Boletín Epidemiológico Semanal, el cual se constituye como fuente oficial de información para la construcción de los reportes de morbilidad por estas afecciones (*Alvis-Guzmán et al., 2017*).

En Colombia actualmente se han implementado acciones de prevención y control promovidas por la OPS/OMS, tales como el decálogo para la prevención y control del dengue, nueva generación de programas y, a partir del 2003, la Estrategia de Gestión Integrada (EGI) para la Prevención y Control del Dengue, que incluye el desarrollo de planes de comunicación y movilización social para el incremento de factores protectores (Acosta-Reyes et al., 2015).

La infección por virus del dengue, Zika y/o Chikunguña representa un problema para los sistemas de salud en la medida que la manifestación clínica de éstas es similar y por ende difícil de distinguir. Si se tiene en cuenta además que la capacidad de diagnóstico está relacionada de manera directa al conocimiento de la historia natural de la enfermedad. Estos aspectos tienen implicaciones para el entendimiento de las manifestaciones clínicas de la enfermedad y su diagnóstico (Alvis-Guzmán et al., 2017).

4.1 Dengue

Virus perteneciente a la familia Flaviviridae y del género Flavivirus perteneciente a los arbovirus (virus transmitidos por artrópodos o insectos) (Dengue, n.d.). El dengue es una enfermedad epidémica muy común en regiones tropicales y subtropicales. La enfermedad viral aguda causada por la picadura del mosquito infectado *A. aegypti* afecta a todos los niveles de la sociedad, pero la carga es mayor entre las poblaciones más pobres que crecen en comunidades con suministro inadecuado de agua potable y falta de buenas infraestructuras para desechos sólidos, y en donde las condiciones son más favorables para la multiplicación del principal vector, siendo los niños y adultos mayores, la población más susceptible. (Matta et al., 2016).

El dengue provoca un amplio espectro patológico, aunque puede darse que la persona no presente ningún síntoma y no sepa que está infectada, como también puede presentar síntomas graves similares a los de la gripe y se pueden presentar al cabo de un periodo de incubación de 4 a 10 día y pueden durar entre 2 y 7 días dependiendo del caso (Dengue, n.d.).

Entre los síntomas más comunes están: fiebre elevada (40°C), dolor de cabeza, dolor muscular, náuseas, vómito y sarpullido y para los casos de dengue grave, que puede ser mortal, se puede presentar dificultad respiratoria, dolores abdominales intensos, vómito recurrente, hemorragias, agitación y hasta una falla orgánica. (Dengue y Dengue Grave, n.d.).

4.2 El Chikungunya

Es una enfermedad arboviral, que pertenece al género *Alfavirus*, Familia *Togaviridae*, transmitida por la picadura de los mosquitos hembra infectados *A. aegypti* y *A. albopictus* (mosquito tigre). Son mosquitos hematófagos diurnos y permanecen infectantes hasta su muerte (Acosta-Reyes et al., 2015).

El 9 de diciembre de 2013 la Organización Panamericana de la Salud emitió una alerta epidemiológica debido a la detección de los primeros casos autóctonos de fiebre del Chikungunya en el continente americano; desde entonces este se ha convertido en un problema de salud pública (Acosta-Reyes et al., 2015).

El tiempo de incubación de la enfermedad puede oscilar entre los 2–12 días después de la picadura del mosquito infectado y los síntomas consisten en aparición de fiebre, dolores articulares debilitantes, inflamación articular, erupción cutánea, dolor de cabeza, náuseas y cansancio. A menudo, los pacientes presentan sólo síntomas leves y la infección puede pasar inadvertida o diagnosticarse erróneamente como otra enfermedad; a diferencia del dengue, la fiebre chikungunya rara vez pone en riesgo la vida del paciente y la mayoría de los pacientes se recuperan completamente, pero en algunos casos los dolores articulares pueden durar varios meses. (Chikungunya, n.d.).

4.3 Zika

El virus de zika es del género *flavivirus*, familia *Flaviridae* transmitido por mosquitos que se identificó por primera vez en macacos (Uganda, 1947). Posteriormente, en 1952, se identificó en el ser humano en Uganda y la República Unida de Tanzania. (Enfermedad Por El Virus de Zika, n.d.).

El virus de zika se transmite a las personas principalmente a través de la picadura de mosquitos infectados del género *Aedes*, y sobre todo de *A. aegypti* en las regiones tropicales (Enfermedad Por El Virus de Zika, n.d.).

El período de incubación luego de la picadura del mosquito se estima entre 3 - 14 días. La mayoría de las personas infectadas con el virus del Zika no presentan síntomas. Los síntomas son generalmente leves como fiebre, erupciones cutáneas, conjuntivitis, dolor muscular y articular, malestar y dolor de cabeza, y por lo general una duración de 2 - 7 días. En un estado de embarazo puede causar microcefalia y otras anomalías congénitas en el feto y el recién nacido como también puede causar pérdida fetal. Se encontró que la infección por el virus del Zika también es un desencadenante del síndrome de Guillain-Barré, neuropatía y mielitis,

especialmente en adultos y niños mayores (Enfermedad Por El Virus de Zika, n.d.)

4.4 Epidemiología de las principales enfermedades tropicales en Colombia

Dengue: En la semana epidemiológica 27 (del 4 al 10 de julio) de 2021 se notificaron 607 casos probables de dengue: 280 casos de esta semana y 327 casos de semanas anteriores. En el sistema hay 17 605 casos, 9 310 (52,9 %) sin signos de alarma, 8 035 (45,6 %) con signos de alarma y 260 (1,5 %) de dengue grave (Instituto Nacional de Salud, 2021).

En Colombia, los casos de dengue proceden de 32 departamentos y 5 distritos, distribuidos en 638 municipios. Las entidades territoriales de Cali, Valle del Cauca, Tolima, Putumayo, Norte de Santander, Meta, Huila, Cartagena, Cesar, Antioquia, Cundinamarca, Santander, Córdoba, Barranquilla, Magdalena, Cauca y Bolívar, aportan el 81,1 % (14 275) de los casos a nivel nacional (Instituto Nacional de Salud, 2021).

La incidencia nacional de dengue es de 56,9 casos por cada 100 000 habitantes en riesgo. En las entidades de Amazonas, Putumayo, Cali, Vichada, Cundinamarca, Caquetá y Casanare se estiman tasas de incidencia superiores a 90,0 casos por 100.000 habitantes (Instituto Nacional de Salud, 2021).

Chikungunya: En Colombia no existían reportes de casos importados o autóctonos de la enfermedad por el virus del Chikungunya; fue en 2014 cuando aparecieron los primeros casos reportados en los municipios de Mahates y San Juan Nemopuceno (Bolívar). De acuerdo con el INS, a abril de 2015 todos los departamentos del país reportaron casos sospechosos de la enfermedad. Durante 2014 se presentaron 106 592 casos de enfermedad por el virus del Chikungunya y durante 2015 (hasta la semana 17) se han reportado 208 044 casos (Instituto nacional de la salud, 2019).

A la semana epidemiológica 27 de 2020 se han notificado 139 casos. A la fecha se han reportado 127 casos (91,4 %) confirmados por clínica, 7 (5,0 %) sospechosos y 5 casos (3,6 %) confirmados por laboratorio. La incidencia nacional es de 0,5 casos por cada 100 000 habitantes en riesgo (Instituto Nacional de Salud, 2021)

Zika: A la semana epidemiológica 27 de 2020 se han notificado 138 casos de enfermedad por virus Zika, 131 casos hasta la semana 26 y 7 casos en la semana 27. Con procedencia nacional se reportaron 135 casos y 3 son procedentes del exterior. La incidencia nacional es de 0,5 casos por cada 100 000 habitantes en riesgo (Instituto Nacional de Salud, 2021)

5. Plantas seleccionadas

Se realizó una búsqueda bibliográfica donde se analizó los resultados de diferentes familias de plantas con posible actividad larvicida y los estudios que se hayan elaborado con ellas para el control del vector *A. aegypti* en diferentes etapas de su ciclo de vida, se procede a descartar las especies con resultados menos óptimos y las que ya han sido ampliamente investigadas.

Finalmente, se eligen las especies *Ocimum tenuiflorum* y *Annona cherimola* por las características ya mencionadas por un buen rendimiento, ser una especie endémica y un índice de mortalidad apropiado respecto al control larvario del *A. aegypti* (Piplani et al., 2019).

5.1. *Annona cherimola*

La familia Annonaceae de la que es parte la *Annona cherimola*, se caracteriza por la presencia de numerosas sustancias bioactivas de diversa naturaleza química, en hojas, raíces, frutos y semillas con propiedades anticancerígenas e insecticidas (FAO, 2006). En la figura 2 se muestra el fruta y la semilla de la *A. cherimola*

La mayoría de las especies de *Annona* se caracteriza por presentar en sus aceites esenciales un alto contenido de monoterpenos y sesquiterpenos (Ramírez et al., 2011). Estudios fitoquímicos en *A. cherimola* han reportado la presencia de péptidos cíclicos, acetogeninas, alcaloides, amidas, kauranos y lignanos en hojas, tallos, semillas y frutos. Respecto a la actividad biológica se ha encontrado que los extractos acuosos de hojas, tallos y semillas han mostrado propiedades insecticidas y larvicidas contra el *A. aegypti* (Esther & Vega, 2013). En otros estudios han mostrado actividad tóxica en células cancerosas del páncreas, mama, próstata y otros órganos (Ramírez et al., 2011).

La actividad larvicida de extracto de la *Annona cherimola*, está relacionada por la presencia de dos sesquiterpenos. α -humuleno y trans- cariofileno. (Prabhu et al., 2009)

Como se muestra en la figura 3, estos dos hidrocarburos de quince carbonos tienen la propiedad más importante de los sesquiterpenos en lo que respecta a la comunicación química es su volatilidad que les permite influir sobre otro organismo ubicado a alguna distancia de la fuente. (Sesquiterpenoides et al., 1989)



Figura 2 Imagen de la fruta y las semillas de *Annona cherimola*,

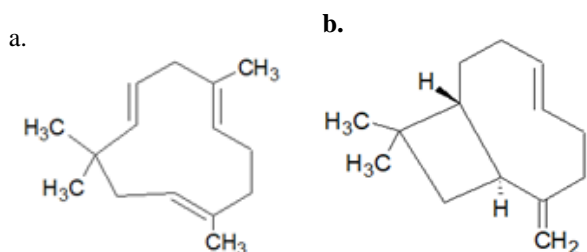


Figura 3 Moléculas principales de *Annona cherimola* que presentan actividad larvicida. a) α -humuleno y b) trans- cariofileno.

5.2. *Ocimum tenuiflorum*

El género *Ocimum*, comprende unas 35 especies que se han caracterizado por contener aceites esenciales biológicamente activos, que han presentado propiedades antibacterianas, antifúngicas, alelopáticas, antioxidantes, nematocidas (plaguicida), tanto en usos etnomédicos como en actividades farmacológicas demostradas (Sierra-Perez et al., 2013).

La especie *O. tenuiflorum* como se muestra en la figura 4, pertenece a la familia de las Lamiaceae. Sus propiedades biológicas están asociadas a alta concentración compuestos bioactivos presentes en las hojas. Adicionalmente, la proporción entre sus componentes químicos puede variar de acuerdo a factores edáficos del suelo como arena o cantidad de materia orgánica y factores climáticos (Piras et al., 2018).

Estudios realizados han determinado en el aceite esenciales del *O.tenuiflorum* un alta proporción de eugenol y cariofileno, que constituyen aproximadamente el 70.5% de su composición (Pattanayak et al., 2010).

El eugenol como se muestra en la figura 5 (b), es un compuesto fenólico al que se atribuyen diversas actividades terapéuticas como analgésicas, anestésicas o antiinflamatorias (Raimara González Escobar, 2002).

A parte del eugenol, el aceite esencial presenta otros compuestos como: ácido oleanólico, carvacrol, ácido cafeico, ácido ursólico (triterpenoide), apigenina, luteolina, ácido rosmarínico (fenilpropanoide), entre otros. Asimismo, se han identificado en las hojas alcaloides, glucósidos, saponina, taninos y trazas de algunos metales, como: zinc, manganeso y sodio (Mahajan et al., 2013).



Figura 4 Imagen de la *Ocimum tenuiflorum*. Foto de la siembra en el municipio de San Roque, Antioquia.

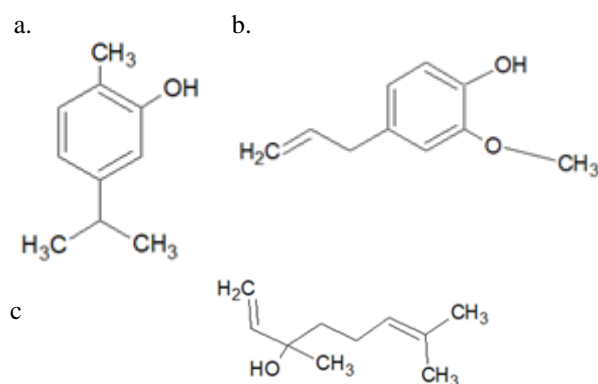


Figura 5 Moléculas principales de *Ocimum tenuiflorum* que presentan actividad larvicida: a) Carvacrol, b) Eugenol y c) Linalool.

6. Técnicas empleadas para la obtención de aceites esenciales Lamiaceae y Annonaceae.

Para obtener el aceite esencial de las familias Lamiaceae y Annonaceae se han utilizado varias técnicas de extracción, tales como: hidrodestilación, ultrasonido, Soxhlet, arrastre a vapor, lixiviación y percolación. La implementación de cada una de estas técnicas puede dar variaciones en los rendimientos de extracción. Sin embargo, los cambios en el rendimiento de cada especie no solamente están ligados a la técnica, sino que también están influenciados por las condiciones de cultivo de las plantas (Tovar, 2007).

Uno de los procedimientos más implementados en la extracción de aceites esenciales es la hidrodestilación. Esta técnica consiste en emplear material vegetal fresco, inmerso en agua empleando altas temperaturas hasta obtener la evaporación de los componentes más volátiles presentes en la planta. Tales como: monoterpenos y sesquiterpenos. Este procedimiento lo realizó Mina Beyki y colegas, implementaron la hidrodestilación para obtener el aceite esencial de la Menta piperita extraído de las hojas, con una alta concentración de Monoterpenos y sesquiterpenos con un rendimiento del 2%. En el caso de Balasubramani y colegas, aplicaron la hidrodestilación clevenger para obtener aceite esencial de *Ocimum basilicum* L. a partir de hojas secas con un rendimiento del 1%. Resultados similares, reportaron Gbolade y Lockwood, en su trabajo aplicó la hidrodestilación Clevenger para obtener el aceite esencial de *Ocimum sanctum* de la parte aérea de la planta, para un total de 17 compuestos, siendo los monoterpenos oxigenados los mayoritarios y los sesquiterpenos oxigenados los minoritarios. (Gbolade & Lockwood, 2013).

La destilación por arrastre al vapor es otra técnica aplicada. Este procedimiento consiste en usar el vapor de agua como solvente. El vapor entra en contacto con el material vegetal hace que los compuestos aromáticos que tiene punto de ebullición más bajo que el agua puedan ser arrastrados con el vapor hasta el condensador de vapor y agua. El proceso anterior, permite la obtención de los monoterpenos como el geramil, pineno, limoneno y sesquiterpenos como el farnesol y bisaboleno (Tovar, 2007).

El arrastre a vapor no se usa para aislar compuestos determinados; se han dado casos en los que algunos compuestos pueden degradarse por lo que esta técnica ya ha sido reemplazada por otras tecnologías a medida que la industria de los aceites esenciales se fue especializando (Tovar, 2007).

Algunos autores como Tovar, J, usaron esta técnica para obtener el aceite esencial de varias especies y de la

especie *H. piperum*, con un rendimiento del 2%. Asimismo, Soundararajan y colegas, implementaron esta técnica, para obtener el aceite esencial de *Ocimum tenuiflorum*, para luego preparar con el aceite esencial una emulsión con propiedades antibacterianas (anti biopelículas) y antioxidantes (Soundararajan et al., 2021) Shiwakoti y equipo, aislaron los aceites esenciales de dos especies diferentes de Lamiaceae, *Ocimum tenuiflorum* y *Ocimum basilicum*, empleando dos técnicas diferentes de extracción, arrastre a vapor e hidrodestilación. Evidenciando como los aceites esenciales de *O. tenuiflorum* y *O. basilicum* aislados por arrastre a vapor tienen mayor concentración de monoterpenos y sesquiterpenos, obteniendo unos valores de 84% y 74% respectivamente. (Shiwakoti et al., 2017) Wang, también empleó la técnica de arrastre a vapor para obtener el aceite esencial de *Ocimum basilicum* identificando un total de 42 compuestos. (Zhao-yu Wang, 2007).

Kalimuthu Koven, estudió la actividad larvicida y pupicidal de la Lamiaceae, *Leucas aspera*, contra el vector de la malaria *Anopheles stephensi*. Para obtener el extracto de esta especie, Koven y colegas, emplearon la parte aérea de la planta, implementando un sistema Soxhelt y etanol como solvente. La efectividad del larvicida y pupicidal del extracto se notó por más de 24 horas después de su exposición. Alcanzando valores de LC(50) FASE I= 9,650%, LC(50) FASE II= 10.272%, LC(50) FASE III= 10,823% y LC(50) FASE IV= 12,732%. En el caso de la pupa el LC(50)= 12.732% (Kovendan et al., 2011).

El ultrasonido es otro procedimiento implementado en la obtención de aceites esenciales. Básicamente, se basa en aplicar ondas entre los 20 kHz-1MHz a un material vegetal que se encuentra inmerso en agua o en un solvente. Esta vibración mecánica induce a la ruptura del tejido vegetal permitiendo la liberación del aceite esencial en pequeñas gotas. Este mecanismo de vibración, consta de dos fenómenos: La difusión a través de la pared celular y su lavado una vez este se rompe. Los aceites esenciales están almacenados en finas glándulas que se encuentran en el tejido de las plantas, por esta razón se pueden destruir fácilmente con ultrasonido garantizando de esta manera la liberación del aceite. Esta técnica es implementada para obtener extractos vegetales de semillas y también en material vegetal sensible a las altas temperaturas. (Asbahani et al., 2015) Este método lo implementó Soran y colegas. Ellos realizaron la extracción del aceite esencial de *Ocimum basilicum* empleando tres procedimientos secuencialmente, maceración, ultrasonido y microondas, con un mismo sistema de solventes, etanol:éter (1:1). Los principales compuestos identificados en el extracto

fueron: alfa, beta pineno, limoneno, citronelol y geraniol (Soran et al., 2009).

En la tabla 1 (ver anexos), están los diferentes tipos de extracción usados en la familia de las Lamiáceas y específicamente *Ocimum tenuiflorum*, esta recopilación se hizo con el fin de tener una idea de cuál sería la técnica y el solvente ideal con el fin de tener un mejor rendimiento y por ende una posible actividad larvicida. Con el fin de ilustrar los artículos por año que se han realizado se esquematizan en la figura 6 resaltando que en el año 2014 se hicieron dos investigaciones y en los años consecuentes solo una y siete investigaciones en total a lo largo de los años.

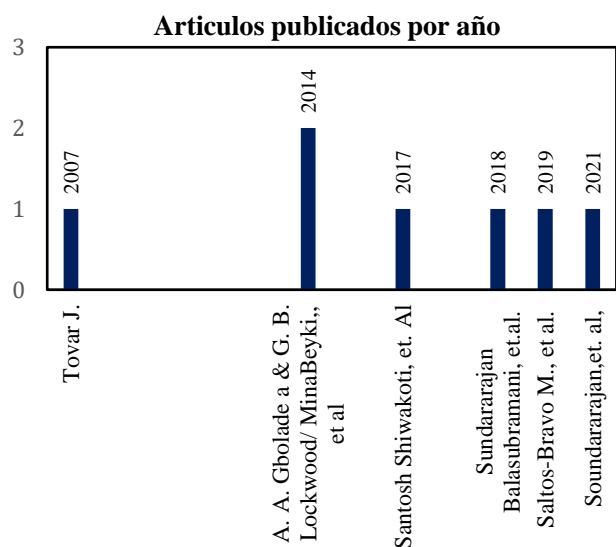


Figura 6 Gráfica de *Ocimum tenuiflorum* de artículos por año resaltando la especie que fue investigada en cada artículo. Realizando un método de extracción dando como resultado un rendimiento distinto.

Ahora enfocándonos en la familia Annonaceae, los disolventes que más se han utilizado para realizar la extracción de sus aceites esenciales han sido agua, alcohol, acetona, cloroformo, éter etílico y éter de petróleo. En un trabajo realizado por Jacobson (Jacobson, 1958) menciona que tanto *A. Cherimola* como *A. muricata* muestran su actividad insecticida con la extracción en cloroformo y éter (Saito et al., 1989).

Se infiere que las sustancias insecticidas son varias y que hay unas muy polares que se extraen con agua y etanol (son más viables estas al ser solventes de fácil consecución) y otras no polares que se extraen con hexano. Abel J., et al. (Abel J., 1997) Se han extraído 9 principios activos insecticidas de las anonáceas pertenecientes a las acetogeninas y a los alcaloides,

principalmente de la corteza y la semilla. De *A. cherimola* se ha extraído el alcaloide anonaina que puede provocar un 70% de mortalidad de *A. aegypti* a 10 ppm Secoy y Smith (DM Secoy y AE Smith, 1983) y la asimicina que es una acetogenina también resulta ser efectiva contra *A. aegypti* pues a 1ppm de esta sustancia provoca 100% de mortalidad, según Rupprecht et al 1990 y Ratnayake et al 1992. Aquí el método utilizado por Abel J., et al, fue el de maceración que es un método de extracción sólido-líquido siendo la materia prima el material vegetal que contiene los principios activos solubles en el solvente que se emplea. (DM Secoy y AE Smith, 1983).

En otro estudio realizado por Rodriguez, (Harold Rodriguez Larrota, 2017) cuyo objetivo fue evaluar la inhibición de la acetilcolinesterasa (AcHE) y la actividad antioxidante de los extractos etanólicos y las fracciones alcaloides de semillas de *Annona cherimola*, *Annona muricata* y *Annona squamosa* usaron también el método de maceración del material seco con etanol al 96% y se obtuvieron los rendimientos entre 3,72 y 20%, en la extracción de ácido base se determinó que el contenido de alcaloides en los extractos crudos fue del 3 al 11% para las tres especies. En este estudio la *annona cherimola* tuvo un rendimiento en etanol del 3.7%, se establece que para obtener mayores rendimientos se debe emplear solventes de alta polaridad como el metanol (Harold Rodriguez Larrota, 2017).

En el estudio de Reyna, M, se realiza la extracción de la hoja de la guanábana (*Annona muricata*), mediante decantación que es un procedimiento físico que sirve para separar una mezcla heterogénea compuesta por un sólido o un líquido de mayor densidad, y un líquido de menor densidad. Esto se llevó a cabo en diferentes solventes como diclorometano, hexano y metanol a diferentes concentraciones donde se identificaron flavonoides, cardiotónicos, taninos y acetogeninas. Obteniendo un mayor rendimiento para la acetogenina con un 5.016% y como conclusión en el efecto de la concentración de la muestra se evidenció que, a menor volumen de solventes, mayor rendimiento de acetogeninas (Reyna Pereda, 2018). Otro estudio realizado por Garcia, H, se llevó a cabo la evaluación de la influencia de los parámetros de proceso para la obtención de un extracto con presencia de flavonoides a partir de hojas de *A. muricata*. Aquí realizan la comparación de las variables de extracción en hojas de *A. muricata* para obtener el mayor rendimiento de flavonoides, utilizando etanol como solvente. Los resultados de este estudio mostraron que las mejores condiciones de extracción son la concentración de etanol del 96%, una relación de 70 ml/g y un tiempo de 1,6 h en la obtención de un extracto a partir de hojas de

guanábana con presencia de flavonoides, a partir de las cuales se alcanzó un rendimiento del proceso de extracción de 87% (García et al., 2016).

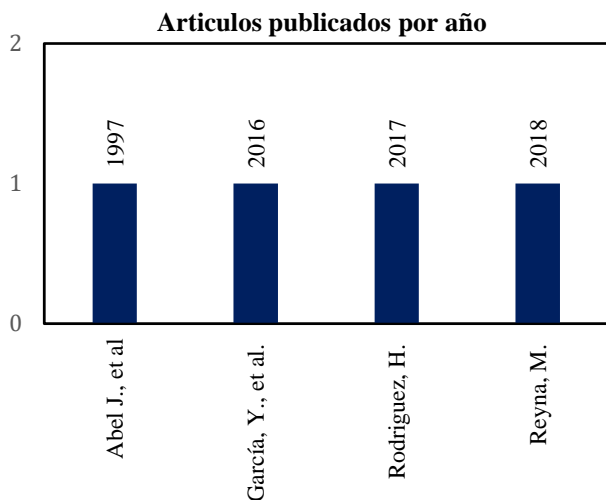


Figura 7 Gráfica de *Annona cherimola* de artículos por año resaltando la especie que fue investigada en cada artículo. Realizando un método de extracción dando como resultado un rendimiento distinto.

Las sustancias bioactivas de origen vegetal que actúan como insecticidas reducen la dependencia a insecticidas organofosforados y piretroides, como es el caso de Sullamy Aciole, que evalúa el efecto de los aceites esenciales *Guatteria hispida*, *G. blepharophylla* y *G. friesiana* contra las larvas de *A. aegypti* en condiciones de laboratorio. En este estudio se realizó la extracción de las hojas secas y molidas mediante hidrodestilación por medio de un aparato tipo Clevenger. Esto se hizo durante 4 horas y se obtuvo el rendimiento de aceites esenciales en 0,6% para *G. friesiana*, 0,5 para *G. hispida* y 0,3 para *G. blepharophylla*, respecto a los compuestos con actividad insecticida (Aciole et al., 2011).

En la tabla 2 (ver anexos) se enlistan los diferentes tipos de extracción usados en la familia de las Anonáceas en específico *Annona cherimola*, esta recopilación se hizo con el fin de tener una idea de cuál sería la técnica y el solvente ideal con el fin de tener un mejor rendimiento y por ende una posible actividad larvicida. Con el fin de ilustrar los artículos por año que se han realizado se esquematizan en la figura 7 resaltando en Annonaceae solo se hicieron cuatro investigaciones en distintos años.

7. Actividad larvicida

La actividad larvicida es una forma fructífera de disminuir la población de *A. aegypti* en sus lugares de reproducción con el propósito de detener la aparición de mosquitos adultos que son el transportador del virus que causan las enfermedades tropicales como el dengue, el Zika y la chikungunya (Rosado-solano et al., 2018).

La forma recomendada por la OMS (who, 2008) para disminuir la población de larvas, es la implementación del Temefos. Al ser un compuesto organofosforado como se muestra en la figura 8, tiene un impacto nocivo sobre el medio ambiente. Teniendo en cuenta que es un larvicida de degradación lenta que tarda semanas en el agua y lo que desencadena resistencia en los mosquitos, y a su vez causa un daño en el medio ambiente y sin mencionar los efectos sobre la salud humana ya que en algunas fuentes bibliográficas se encontró que puede causar daños en el ADN y efectos en la fertilidad masculina, sin embargo, hoy día se sigue usando abiertamente (Antonio-Arreola & Sánchez, 2012; Kim et al., 2020; Serrano-Lázaro et al., 2020).

Se ha buscado por medio de los extractos de plantas una alternativa para desarrollar larvicidas de origen natural que al ser sustancias biodegradables y de baja toxicidad son de interés porque evitan un deterioro en el medio ambiente (Kim et al., 2020).

Debido a que los aceites esenciales son sustancias complejas y contienen variedad de compuestos aumentan las posibilidades de interactuar con los organismos, provocando diversas reacciones, que pueden actuar en su absorción, distribución, metabolismo y unión a moléculas diana, lo que lleva a que sea una estrategia de control más diversa que la de un compuesto aislado. (Soares de Oliveira et al., 2020).

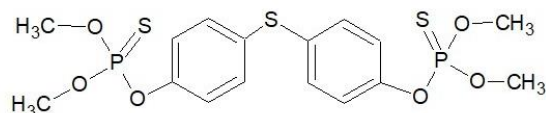


Figura 8 Estructura del Temefos, larvicida de origen sintético ampliamente utilizado.

Haciendo un recorrido por las publicaciones realizadas acerca de *Ocimum tenuiflorum* y *Annona cherimola* con actividad larvicida encontramos que las publicaciones de *O. Tenuiflorum*, comienzan en 1994 con un artículo de Chochehajaroenporn O. y colaboradores sobre el efecto

repelente de los aceites de las plantas de la Familia *Ocimum* y con la identificación de las propiedades insecticidas y larvicidas (O et al., 1994). En 2005 Dharmagadda V.S.S y colaboradores investigaron su actividad bacteriana y antifúngica (Dharmagadda et al., 2005) En el 2006 Verma Prashant R. y colaboradores evaluaron la actividad larvicida, del aceite esencial, cloroformo, éter de petróleo y extractos metabólicos contra distintas larvas de mosquitos diferentes lo que determinó que el aceite esencial, éter de petróleo y extracto de cloroformo funcionaron bien, y en este ensayo que era de dos plantas se determinó que el aceite esencial de *Ocimum tenuiflorum* es el larvicida más potente contra dos de los vectores entre los cuales está *A. aegypti* (Verma Prashant et al., 2006).

En 2008 Gbolade A.A. y Lockwood G.B. observaron una acción LC_{50} de 85,11ppm contra mosquitos *Aedes aegypti* de cuarto estadio que fue mucho menor que la de su control positivo llamado endosulfano (LC_{50} , 0,96ppm) (Gbolade & Lockwood, 2013). En el trabajo realizado en el mismo año por Bagavan A. y colaboradores tomaron las hojas de varias especies entre ellas el *Ocimum tenuiflorum* y se hicieron extractos en acetona, cloroformo, acetato de etilo, hexano y metanol y se estudiaron para las larvas del IV estadio de *A. aegypti* y *Culex Quinquefasciatus* y el extracto en acetona de *Ocimum tenuiflorum* contra *A. aegypti* tuvo un LC_{50} =81,56ppm (Bagavan et al., 2008) Vedavalli Vidyalaya el mismo año se estableció las LC_{50} de los distintos extractos acetona, cloroformo, acetato de etilo, hexano y metanol que fueron 425.94, 150.40, 350.78, 575.26 y 175.67 respectivamente (AM, 2008).

En el 2010 Kamaraj C. y Rahuman A.A. hicieron un ensayo con extractos de hexano, acetato de etilo y metanol, *Ocimum tenuiflorum* contra *Cx quinquefasciatus* con valor de CL_{50} de 24,90 ug/ml (Kamaraj & Rahuman, 2010). En el 2014 Pandey A.K. y colaboradores establecieron la química y bioactividades de los aceites esenciales de algunas plantas de la especie *Ocimum*. Se centran en diversas aplicaciones que son bastante interesantes como repelentes, insecticidas, larvicida, agentes nematocidas, antimicrobianos, antioxidantes, y terapéuticos (Chil-Núñez et al., 2018). En el 2017 Upadhyay R.K. Mencionó linalol, eugenol y metil chavicol, metil chavicol (93,0%), γ -cariofileno como componentes principales. Los componentes menores del aceite son (+) - δ -cadineno, 3-careno, α -humuleno, citral y (-) - trans-cariofileno. La *Ocimum Tenuiflorum* también contiene alcanfor, óxido de cariofileno, cineol, metileugenol, limoneno, mirceno y timol, en esta investigación se establece que son repelentes de insectos conocidos. Su aceite esencial se puede utilizar para reducir el crecimiento de mosquitos y controlar la malaria (Soundararajan et al., 2021). En

años anteriores Ravi P. y colaboradores hicieron una reseña completa de las principales propiedades de *Ocimum tenuiflorum* como anticancerígenas, antimicrobianas, antisépticas, antiespasmódicas, antifúngicas, antivirales, antiinflamatorias, analgésicas e inmuoestimuladoras y se mencionan sus principales componentes químicos tales como eugenol, cinamato de metilo, alcanfor y timol (Ravi et al., 2012).

En 2018 Nuñez y colaboradores prueban sus extractos en moscas, los principales constituyentes del aceite esencial de *Ocimum Tenuiflorum* se identificaron como β -cariofileno, β -selineno y eugenol y En este estudio se evaluó el efecto insecticida del aceite esencial de *Ocimum sanctum* L. Sobre el desarrollo post-embrionario de la mosca azul *Chrysomya putoria* se estableció la CL_{50} en 7,47mg/ml de concentración que es un resultado prometedor (Chil-Núñez et al., 2018). En el 2019 Neelawala D. y colaboradores discuten las posibles aplicaciones de los compuestos presentes en los extractos vegetales crudos y fitoquímicos aislados de plantas medicinales, estos compuestos fueron: quercetina, galactomananos sulfatados, flavonoides, y glabranina para controlar el dengue en forma de virocidas, larvicidas y repelentes de mosquitos (Neelawala et al., 2019).

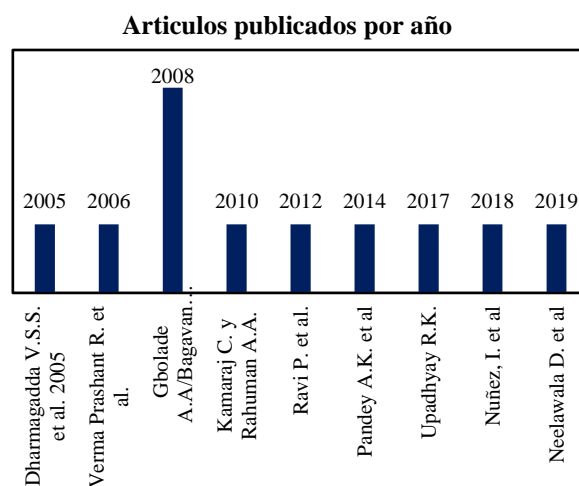


Figura 8. Gráfica de *Ocimum Tenuiflorum* de artículos por año, se establece que autores hicieron investigaciones acerca de actividad larvicida de algunas especies de la familia de la Lamiaceae y de la planta de interés en el tiempo (estado del arte).

En el caso de la familia de las anonáceas las investigaciones realizadas se han enfocado principalmente en las siguientes especies, *Annona muricata*, *Annona Cherimola* y *Annona squamosa*, y los

ensayos se han hecho principalmente con los vectores *Anopheles sp.*, *A. aegypti* y *Culex quinquefasciatus*.

En el caso de la *Annona Cherimola* no se han realizado otros estudios, pocas investigaciones en el manejo de vectores tropicales como es el caso del *A. aegypti*.

Con *Annona cherimola* se encontraron estudios de la actividad larvicida a partir de 2002 como en el caso del trabajo realizado por Bobadilla Alvarez, M. y colaboradores que con un efecto bioinsecticida del extracto etanólico de las semillas de *Annona cherilla Miller* y *A. muricata Linneaus* sobre larvas del IV estadio de *Anopheles sp.* Y la *Annona cherimola* obtuvo un 100% de mortalidad a una concentración de 0,8ml/100ml (Álvarez et al., 2002).

En 2011 Rosslyn N. y colaboradores realizaron el primer estudio que buscaba determinar la actividad larvicida de la *Annona cherimola* en Merida- Venezuela y el estudio se realizó contra *A. Aegypti* el aceite esencial fue obtenido por hidrodestilación de sus hojas frescas (0,17 % p/p de rendimiento) utilizando trampa de Clevenger, fue un estudio dirigido contra larvas en su tercer estadio y la LC_{50} = 30,7ppm (Ramírez et al., 2011).

Asimismo, en Colombia se han realizado estudios de actividad larvicidas con los extractos de *Annona cherimola*. En el 2012 Salazar M. A. y Soto R.F evaluaron la actividad biológica de las acetogeninas presentes en la familia Annonaceae que demuestran actividad larvicida contra larvas de *A. aegypti* y *Anopheles albimanus*, así como las larvas en el IV estadio del *Culex quinquefasciatus*, también actividad antiparasitaria frente a *Leishmania donovani*, *Leishmania major*, *Trypanosoma brucei*; y actividad citotóxica frente a las líneas celulares tumorales KB Y VERO. Otros estudios demuestran actividad insecticida frente a organismos como el gorgojo del maíz. Todos estos resultados son prometedores y le adjudican a la familia Annonaceae un potencial destacado para el posible control natural de diversas plagas que afectan

Concentración letal

La concentración letal se define como la concentración necesaria para provocar la muerte de un determinado porcentaje de individuos. La concentración letal cincuenta (LC_{50}) y la concentración letal noventa (LC_{90}) se consideran un importante parámetro de eficacia biológica (Cavalcanti E, Morai S, Lima M, 2004) Algunos autores han planteado que los componentes de los aceites esenciales actúan bloqueando los receptores de la octopamina (figura 10) y produciendo alteraciones neurológicas graves con efectos nocivos para los insectos.

varios cultivos de importancia agroindustrial (Salazar & Soto, 2012) En el último artículo registrado en el 2021 realizado por Dahiya R y Dahiya S. mencionan que alcaloides, fenoles, péptidos y acetogeninas presentes en *Annona cherimola* son los principales constituyentes de la planta, responsables de su potencial larvicida, antioxidante, antimicrobiano, antiinflamatorio, insecticida, y citotóxico (R & S, 2021).

En las tablas 3 y 4 (ver anexos) se consolida la información anterior sobre la actividad larvicida de especies de la familia de las Lamiáceas y de las Anonáceas, la parte de la planta utilizada y su respectiva concentración LC_{50} y LC_{90}

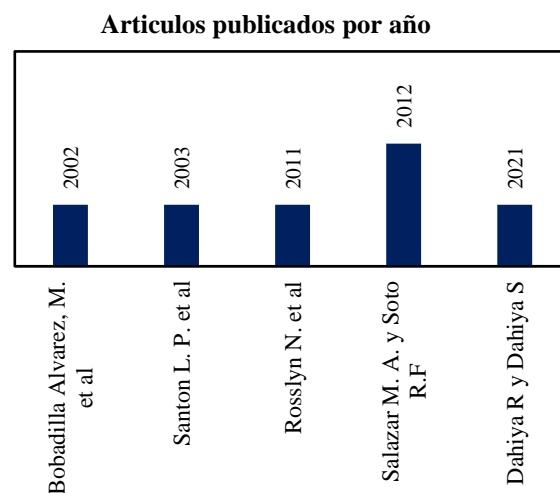


Figura 9. Gráfica de *Annona cherimola* de artículos por año, se establece que los autores hicieron investigaciones acerca de actividad larvicida de algunas especies de la familia de las Anonaceas y de la planta de interés en el tiempo (estado del arte).

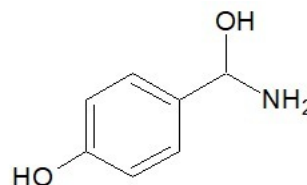


Figura 10 Estructura de la octopamina. La octopamina, que es una amina biogénica endógena relacionada con la noradrenalina, está presente en el sistema nervioso de todos los insectos y actúa como neurotransmisor, neurohormona y neuromodulador.

La importancia de la lipofilia de los terpenos y terpenoides se ha confirmado al estudiar la relación

entre propiedad y actividad, en los cuales el perfil hidrofóbico se ha relacionado estrechamente con la actividad larvicida.

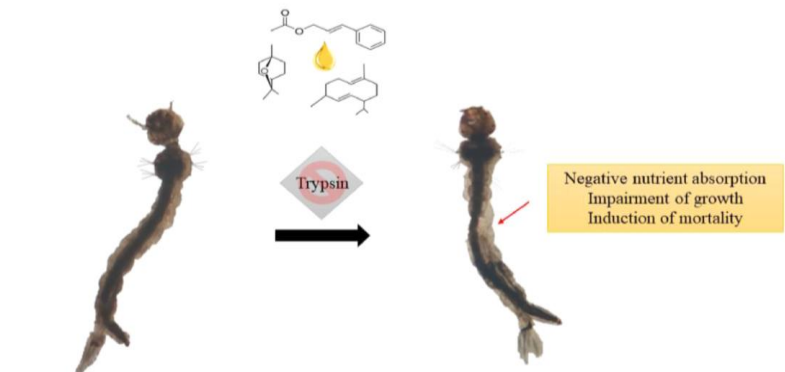


Figura 11 Posible mecanismo de acción de algunos larvicidas de origen natural. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X20307002?via%3Dih>

9. Sinergia entre los aceites esenciales.

Los aceites esenciales son mezclas complejas, y su actividad repelente y larvicida se ha correlacionado, por lo general, con sus componentes mayoritarios.

Los efectos sinérgicos y antagónicos de los componentes de los aceites esenciales se han demostrado y se han discutido con anterioridad. Se demostró que las combinaciones de compuestos de aceites esenciales como el linalool y 1,8-cineol tenían efectos sinérgicos en la mortalidad de diversos insectos, en tanto que la mezcla de timol y transanetol tenía efectos sinérgicos sobre la actividad larvicida contra *Spodoptera litura*, como también la combinación de limoneno con trans-anetol, carvona con car-vacrol y el alfa-humuleno y el trans-cariofileno con índices de mortalidad muy positivos. El linalool es un fuerte inhibidor de la acetilcolinesterasa, de hecho, en estudios de simulación computacional se ha demostrado que el linalool es capaz de interactuar con dicha enzima y a su vez el carvacrol es capaz de unirse con mayor eficacia que la acetilcolina a la acetilcolinesterasa en *A. Aegypti* (Andrade-Ochoa et al., 2017).

Alfaro R., y colaboradores en un estudio de la actividad larvicida con 5 especies vegetales contra *A. aegypti* se estableció que en un análisis fotoquímico taninos,

sesquiterpenlactonas, glucósidos saponínicos y alcaloides los cuales por sinergia les dan a las diferentes fracciones la actividad larvicida (Alfaro, R., Artiaga, R., Hernandez, 2002).

Conclusión

Las plantas y los animales siempre han coexistido, lo que permitió que las plantas adoptaran mecanismos de defensa contra los ataques de posibles depredadores. Se ha mencionado en muchos trabajos de investigación el poder que tienen los extractos vegetales ya sea con fines terapéuticos, insecticidas o larvicidas, esto se debe a la variedad de compuestos que se pueden obtener y aislar de los extractos vegetales teniendo en cuenta que el rendimiento o la concentración de estos depende de factores como: la especie, parte de la planta utilizada, la época de recolección, edad de la planta, ubicación geográfica, la técnica de extracción y el solvente utilizado.

Esta monografía se centra en *Ocimum tenuiflorum* y *Annona cherimola* debido a que en los trabajos analizados presentaron buenos resultados y la cantidad de estudios fue poca lo que motiva a indagar más sobre estas plantas y que puedan representar una alternativa eficaz y amigable con el medio ambiente para el control de *A. aegypti* vector de diversas enfermedades

tropicales. Cabe resaltar que son especies de fácil consecución en la región y además suelen ser conocidas por la población.

Entre los estudios realizados han aislado e identificado los principales compuestos de las plantas de interés, en la *Annona cherimola* se encontraron compuestos como peptidos cíclicos, acetogeninas (annonacina y asimicina), alcaloides, amidas, lignanos y monoterpenos-sesquiterpenos (α -humuleno y trans cariofileno) donde se estableció que son las moléculas que contienen actividad larvicida. Según lo investigado sobre las técnicas de extracción se encontró que la trampa de Clevenger que se usó en un estudio usando semillas de *A. cherimola* contra larvas de *A. aegypti* en su tercer estadio arrojó una $LC_{50} = 30,7$ ppm, con lo que se concluye que la si podría efectiva contra las larvas de este vector. En la *Ocimum tenuiflorum* se encontraron compuestos como alcaloides, glucósidos, saponina, taninos, zinc manganeso y metales de sodio, donde destacan los monoterpenos (carvacrol y linalool) y el compuesto fenólico Eugenol con actividad larvicida. Para esta especie la técnica de extracción ideal fue hidrodestilación con la que se obtuvo mayor concentración de monoterpenos y sesquiterpenos, y se demostró que cuando usaron con disolvente la acetona se tuvo una concentración letal menos que con otro solvente, se obtuvo un $LC_{50} = 81,56$ ppm. A partir de estos datos no se puede establecer específicamente si habría una sinergia debido a que muchos factores influyen en la calidad de los extractos obtenidos y la cantidad de los compuestos, pero en el caso de obtenerlos posiblemente tendríamos mortalidad larvaria a baja concentración debido a que se le atribuye la actividad larvicida a diversos compuestos que se ha establecido que estas plantas tienen, y podemos concluir que se podría dar la actividad larvicida debido a la combinación exacta de los diferentes componentes presentes en el extracto más que a un compuesto en particular.

Se establece que estas terapias a base de plantas medicinales pueden ser más seguras debido a su menor grado de toxicidad, así que no solo son amigables a nivel ambiental sino que también a la hora de aplicarse estarían disminuyendo la población del vector y contribuyendo positiva y directamente a la salud pública

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra alma mater la Universidad CES por darnos el apoyo e incentivarnos para realizar esta investigación, y a nuestros asesores Luisa Fernanda Gomez Chabala, Wilber Adolfo Gómez Vargas y Dino Jesus Tuberquia Muñoz que nos han brindado los

conocimientos, el tiempo, la dedicación y el soporte necesario para llevar a cabo este trabajo.

Referencias

- Abel J., et al. (1997). Anonáceas produção e mercado (Pinha, Graviola, Atemóia e Cherimólia). *Departamento de Fitotecnia e Zootecnia*.
- Aciole, S. D. G., Piccoli, C. F., Duque, J. E. L., Costa, E. V., Navarro-silva, M. A., Marques, F. A., Maia, B. H. L. N. S., Pinheiro, M. L. B., & Rebelo, M. (2011). Insecticidal activity of three species of Guatteria (Annonaceae) against Aedes aegypti (Diptera : Culicidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 37(2), 262–268.
- Acosta-Reyes, J., Navarro-Lechuga, E., & Martínez-Garcés, J. C. (2015). Enfermedad por el virus del Chikungunya: historia y epidemiología TT - Chikungunya fever: history and epidemiology. *Salud UNINORTE*, 31(3), 621–630. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522015000300018
- Aedes aegypti* - *EcuRed*. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from https://www.ecured.cu/Aedes_aegypti
- Alfaro, R., Artiaga, R., Hernandez, R. (2002). Investigaciones de la actividad larvicida contra el Mosquito Aedes aegypti en la fracciones de los extractos de 5 especies vegetales y la elaboración de un preparado larvicida. *Universidad Del Salvador*, 1–179.
- Álvarez, M. B., Espejo, G. Z., Franco, F. G., Velásquez, L. P., & Gonzales, M. S. (2002). Efecto bioinsecticida del extracto etanólico de las semillas de Annona cherimolia Miller “chirimoya” Y A. muricata Linneaus “guanábana” sobre larvas del IV estadio de Anopheles sp. *Revista Peruana de Biología*, 9(2), 64–73. <https://doi.org/10.15381/rpb.v9i2.2525>
- Alvis-Guzmán, N., Zakzuk-Sierra, J., Vargas-Moranth, R., Alcocer-Olaciregui, A., & Parra-Padilla, D. (2017). Dengue, Chikunguña and Zika in Colombia 2015-2016. *Revista MVZ Cordoba*, 22, 5994–6003. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1069>
- AM, A. (2008). Larvicidal activity of Ocimum sanctum Linn. (Labiatae) against Aedes aegypti (L.) and Culex quinquefasciatus (Say). *Parasitology Research*, 103(6), 1451–1453. <https://doi.org/10.1007/S00436-008-0991-7>
- Andrade-Ochoa, S., Sánchez-Torres, L. E., Nevárez-Moorillón, G. V., Camacho, A. D., & Nogueta-Torres, B. (2017). Aceites esenciales y sus

- constituyentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. *Biomedica*, 37, 1–57. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3475>
- Antonio-Arreola, G. E., & Sánchez, D. (2012). Residual effectiveness of temephos observed in a Mexican southeast city affected by dengue. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 64(2), 176–186.
- Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., Mousadik, A. El, Hartmann, D., Jilale, A., Renaud, F. N. R., & Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1–2), 220–243. <https://doi.org/10.1016/J.IJPHARM.2014.12.069>
- Bagavan, A., Rahuman, A. A., Kamaraj, C., & Geetha, K. (2008). Larvicidal activity of saponin from *Achyranthes aspera* against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 103(1), 223–229. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-0962-z>
- Cardona-Ospina, J. A., Arteaga-Livias, K., Villamil-Gómez, W. E., Pérez-Díaz, C. E., Katterine Bonilla-Aldana, D., Mondragon-Cardona, Á., Solarte-Portilla, M., Martínez, E., Millan-Oñate, J., López-Medina, E., López, P., Navarro, J. C., Perez-Garcia, L., Mogollon-Rodriguez, E., Rodríguez-Morales, A. J., & Paniz-Mondolfi, A. (2021). Dengue and COVID-19, overlapping epidemics? An analysis from Colombia. *Journal of Medical Virology*, 93(1), 522–527. <https://doi.org/10.1002/jmv.26194>
- Castro-Orozco, R., Alvis-Guzmán, N., & Gómez-Arias, R. (2015). Diferencias y similitudes entre las estrategias de gestión integrada para la prevención y control del dengue en Colombia y Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32(4), 801. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2015.324.1775>
- Cavalcanti E, Morai S, Lima M, S. E. (2004). Activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti* L. *Rio de Janeiro*, 99(5), 541–545. www.cpqam.fiocruz.br/nicc/comunic/jc200101.htm.
- Chikungunya*. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>
- Chil-Núñez, I., Mendonça, P. M., Escalona-Arranz, J. C., Cortinhas, L. B., Dutok-Sánchez, C. M., & de Carvalho Queiroz, M. M. (2018). Insecticidal effects of *Ocimum sanctum* var. *cubensis* essential oil on the diseases vector *Chrysomya putoria*. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*, 6(3), 148–157.
- Dengue*. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/dengue.aspx>
- Dengue y dengue grave*. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
- Dharmagadda, V. S. S., Tandonb, M., & Vasudevan, P. (2005). Biocidal activity of the essential oils of *Lantana camara*, *Ocimum sanctum* and *Tagetes patula*. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 64(1), 53–56.
- DM Secoy y AE Smith. (1983). Use of Plants in Control of Agricultural and Domestic Pests on JSTOR. *JSTOR*, 37(1), 28–57. <https://www.jstor.org/stable/4254454>
- Dra. Nely Guillermina Zúñiga Cárdenas Coordinadora Estatal de Dengue Características de *Aedes Aegypti*. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from http://siev.ssj.gob.mx/eventos/dengue2020/archivos/2._Caracteristicas_de_Aedes_Aegypti.pdf
- Enfermedad por el virus de Zika*. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/zika-virus>
- Esther, M., & Vega, G. (2013). Chirimoya (*annona cherimola miller*), frutal tropical y sub-tropical de valores promisorios. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 52–63.
- FAO. (2006). Chirimoya (*Annona Cherimola*). *Ministerio Del Ambiente*, 1–4. http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/inpho/InfoSheet_pdfs/CHIRIMOYA.pdf
- García, Y. H., Salomón Izquierdo, S., Acosta Esquijarro, J., Romero Díaz, A., López, M., & Mercado Vidal, J. (2016). Optimization of variables for extraction of flavonoids from *Annona muricata* L. leaves. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(3), 298–308.
- Gbolade, A. A., & Lockwood, G. B. (2013). Toxicity of *Ocimum sanctum* L. Essential oil to *Aedes aegypti* Larvae and its Chemical Composition. <http://Dx.Doi.Org/10.1080/0972060X.2008.10643611>, 11(2), 148–153. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2008.10643611>

- Harold Rodriguez Larrota. (2017). Inhibición de la acetilcolinesterasa y capacidad antioxidante de extractos alcaloidales de tres especies *annona* (Annonaceae). *Вестник Росздравнадзора*, 6, 5–9.
- Instituto nacional de la salud. (2019). *Boletín epidemiológico semanal*, *Chikungunya*. <https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/BoletinEpidemiologico/2019%2520Bolet%25C3%25ADn%2520epidemiol%25C3%25B3gico%25%2520semana%252018.pdf>
- Instituto Nacional de Salud. (2021). Boletín epidemiológico semanal 32 de 2021. *Boletín Epidemiológico Semanal*, 1–32. <https://doi.org/10.33610/23576189.2021.32>
- Jacobson, M. (1958). Insecticides from Plants. A Review of the Literature, 1941-1953. *Insecticides from Plants. A Review of the Literature, 1941-1953*.
- Kamaraj, C., & Rahuman, A. A. (2010). Larvicidal and adulticidal potential of medicinal plant extracts from south India against vectors. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(12), 948–953. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60006-0](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60006-0)
- Kim, S. H., Bae, J. W., Kim, D. H., Jeong, D. J., Ha, J. J., Yi, J. K., & Kwon, W. S. (2020). Detrimental effects of temephos on male fertility: An in vitro study on a mouse model. *Reproductive Toxicology*, 96, 150–155. <https://doi.org/10.1016/J.REPROTOX.2020.06.008>
- Kovendan, K., Murugan, K., Vincent, S., & Barnard, D. R. (2011). Studies on larvicidal and pupicidal activity of *Leucas aspera* Willd. (Lamiaceae) and bacterial insecticide, *Bacillus sphaericus*, against malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research* 2011 110:1, 110(1), 195–203. <https://doi.org/10.1007/S00436-011-2469-2>
- La toxicidad de los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina para las larvas de los vectores de la enfermedad *aedes aegypti* y *anopheles gambiae* - informes científicos / Informes científicos 2021. (n.d.). Retrieved September 26, 2021, from <https://es.ovalengineering.com/toxicity-angiotensin-converting-enzyme-inhibitors-larvae-disease-vectors-aedes-aegypti-702077>
- Maestre, R. S., Rey, G. V., De Las A. Salas, J., Vergara, C. S., Santacoloma, L. V., Goenaga, S. O., & Carrasquilla, M. C. F. (2009). Susceptibilidad de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) a temefos en Atlántico-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 202–205.
- Mahajan, N., Rawal, S., Verma, M., Poddar, M., & Alok, S. (2013). A phytopharmacological overview on *Ocimum* species with special emphasis on *Ocimum sanctum*. *Biomedicine and Preventive Nutrition*, 3(2), 185–192. <https://doi.org/10.1016/J.BIONUT.2012.08.002>
- Matta, L., Barbosa, M. M., & Morales-Plaza, C. D. (2016). Caracterización clínica de pacientes que consultaron por dengue en un hospital de tercer nivel en Cali, Colombia, 2013. *Biomedica*, 36(1), 133–139. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i1.2627>
- Neelawala, D., Rajapakse, S., & Kumbukgolla, W. W. (2019). Potential of medicinal plants to treat dengue. *International Journal of One Health*, 15, 86–91. <https://doi.org/10.14202/IJOH.2019.86-91>
- O, C., N, B., & S, K. (1994). Mosquito repellent activities of *ocimum* volatile oils. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 1(2), 135–139. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(11\)80031-0](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(11)80031-0)
- Organización mundial de la salud. (n.d.). *Lucha contra el Dengue*. Retrieved September 26, 2021, from <https://www.who.int/denguecontrol/mosquito/es/>
- Pattanayak, P., Behera, P., Das, D., & Panda, S. (2010). *Ocimum sanctum* Linn. A reservoir plant for therapeutic applications: An overview. *Pharmacognosy Reviews*, 4(7), 95–105. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.65323>
- Piplani, M., Bhagwat, D. P., Singhvi, G., Sankaranarayanan, M., Balana-Fouce, R., Vats, T., & Chander, S. (2019). Plant-based larvicidal agents: An overview from 2000 to 2018. *Experimental Parasitology*, 199, 92–103. <https://doi.org/10.1016/J.EXPPARA.2019.02.014>
- Piras, A., Gonçalves, M. J., Alves, J., Falconieri, D., Porcedda, S., Maxia, A., & Salgueiro, L. (2018). *Ocimum tenuiflorum* L. and *Ocimum basilicum* L., two spices of Lamiaceae family with bioactive essential oils. *Industrial Crops and Products*, 113, 89–97. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.01.024>
- Prabhu, K. S., Lobo, R., Shirwaikar, A. A., & Shirwaikar, A. (2009). *Ocimum gratissimum*: A

- Review of its Chemical, Pharmacological and Ethnomedicinal Properties. *The Open Complementary Medicine Journal*, 1(1), 1–15. <https://doi.org/10.2174/1876391x00901010001>
- R, D., & S, D. (2021). Natural bioeffective cyclooligopeptides from plant seeds of *Annona* genus. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 214. <https://doi.org/10.1016/J.EJMECH.2021.113221>
- Raimara González Escobar. (2002). Eugenol: propiedades farmacológicas y toxicológicas. Ventajas y desventajas de su uso. *Rev Cubana Estomatol*, 39(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072002000200005
- Ramírez, R. N., FlorD.Mora, V., Núñez, J. L., Rojas, L. B., Usubillaga, A., Segnini, S., & Arzola, J. C. (2011). Composición química y actividad larvicida del aceite esencial de *Annona cherimola* Mill. de Los Andes venezolanos contra el mosquito *Aedes aegypti* (L.). *Undefined*.
- Ravi, P., Elumalai, A., Chinna Eswaraiah, M., & Kasarla, R. (2012). A review on Krishna tulsi, *Ocimum tenuiflorum* Linn. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 3(2), 291–293.
- Reyna Pereda, S. M. (2018). Efecto de la relación muestra: solvente en el rendimiento de extracción de acetogeninas presentes en la hoja de la guanábana (*annona muricata*), provincia de Ascope, la libertad. *Universidad César Vallejo*, 2(January), 6. <http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf%0Ahttp://wwwlib.murdoch.edu.au/fi nd/citation/ieee.html%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022%0Ahttps://github.com/ethere um/wiki/wiki/White-Paper%0Ahttps://tore.tuhh.de/hand>
- Rodríguez, M. M., Bisset, J., Pérez, O., Ramos, F., & Risco, G. (2006). Modo de herencia de la resistencia a temefos (abate) en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Cuba. *Mode of Inheritance of Temephos (Abate) Resistance in Aedes Aegypti (Diptera: Culicidae) from Cuba*, 58(2), 0–0.
- Rosado-solano, D. N., Restrepo-manrique, R., & Puerto-galvis, C. E. (2018). *Actividad larvicida de aceites esenciales y extractos de plantas colombianas frente a Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae) Larvicidal activity of essential oils and extracts of colombian plants against Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae)*. 15, 79–87.
- Saito, M., Oliveira, F., Fell, d., Takematsu, a., Jocys, t., & Oliveira, I. (1989). Verificação da atividade inseticida de alguns vegetais brasileiros. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 56(1), 53–59.
- Salazar, M., & Soto, R. (2012). *Estudio de la actividad biopesticida in vitro de los extractos polares de las semillas de Annona squamosa frente a Culex quinquefasciatus*. 9/86. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041002>
- Serrano-Lázaro, A., Verdín-Betancourt, F. A., Jayaraman, V. K., López-González, M. de L., Hernández-Gordillo, A., Sierra-Santoyo, A., & Bizarro, M. (2020). Efficient photocatalytic elimination of Temephos pesticide using ZnO nanoflowers. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 393, 112414. <https://doi.org/10.1016/J.JPHOTOCHEM.2020.112414>
- Sesquiterpenoides, D. E., Gustavo, ', & Dartayet, H. (1989). Estudios Preliminares Sobre Biosíntesis Y Nuevos Sesquiterpenoides De *Lippia Integrifolia*.
- Shiwakoti, S., Saleh, O., Poudyal, S., Barka, A., Qian, Y., & Zheljzkov, V. D. (2017). Yield, Composition and Antioxidant Capacity of the Essential Oil of Sweet Basil and Holy Basil as Influenced by Distillation Methods. *Chemistry and Biodiversity*, 14(4). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600417>
- Sierra-Perez, R. de la C., Gonzalez-Canavaciolo, V. L., Marrero-Delange, D., & Rodriguez-Leyes, E. A. (2013). Lamiaceae: una revisión sobre sus efectos neurofarmacológicos y su presencia en Cuba. *Revista CENIC: Ciencias Biológicas*, 44(1). <https://go.gale.com/ps/i.do?p=IFME&sw=w&issn=02586002&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA371191224&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
- Soares de Oliveira, M. A., Melo Coutinho, H. D., Jardelino de Lacerda Neto, L., Castro de Oliveira, L. C., & Bezerra da Cunha, F. A. (2020). Repellent activity of essential oils against culicids: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18(May). <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100328>
- Soran, M. L., Cobzac, S. C., Varodi, C., Lung, I., Surducun, E., & Surducun, V. (2009). The

-
- extraction and chromatographic determination of the essential oils from *Ocimum basilicum* L. by different techniques. *Journal of Physics: Conference Series*, 182(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/182/1/012016>
- Soundararajan, V., Kandasamy, V., & Subramani, P. (2021). Antibiofilm, antioxidant and larvicidal activity of formulated nanoemulsion from *Ocimum tenuiflorum*. *Materials Today: Proceedings*, 45, 3438–3443.
<https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.12.932>
- Tovar, J. C. (2007). Composición Química, Actividad Antibacteriana Y Tóxica De Aceites Esenciales De Seis Especies Medicinales De Lamiaceae En El Estado De Hidalgo. *Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 34.
- Verma Prashant, R., Subburaju, T., & Balakrishnan, N. (2006). Larvicidal activity of *Artemisia nilagirica* (Clarke) Pamp. and *Ocimum sanctum* Linn. A preliminary study. *Journal of Natural Remedies*, 6(2), 157–161.
<https://doi.org/10.18311/jnr/2006/460>
- Zhao-yu Wang, J. Z. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of Chromatography A*, 1163(1–2), 2–24.
<https://doi.org/10.1016/J.CHROMA.2007.06.021>
- Instituto Nacional de Salud. (2021). Boletín epidemiológico semanal 32 de 2021. *Boletín Epidemiológico Semanal*, 1–32.
<https://doi.org/10.33610/23576189.2021.32>
- WHO. (2008). WHO specifications and evaluations for public health pesticides temephos O , O , O ' O ' -tetramethyl O , O ' -thiodi- p -phenylene bis (phosphorothioate). 1–35.

Anexos**Tabla 1.** Rendimiento de diferentes tipos de extracciones en las especies de la familia de las Lamiáceas

Especie	Técnica de extracción	Rendimiento	Compuesto	Referencia
<i>Mentha piperita</i>	Hidrodestilación	2%	Monoterpenos y sesquiterpenos	<i>Mina Beyki,, et al, 2014</i>
<i>Ocimum basilicum</i>	Hidrodestilación Clevenger	1%	No aplica	<i>Soundararajan Balasubramani,, et.al, 2018</i>
			Camfeno	
			β -Mirceno	
			β -Pinenos	
			p-Mentatrieno	
			Limonene	
<i>Ocimum sanctum</i>	Hidrodestilación Clevenger	No aplica	Borneol	<i>A. A. Gbolade a & G. B. Lockwood, 2014</i>
			Eugenol	
			Germacrene	
			Methyl eugenol	
			α -Copaene	
			β -Elemene Isocaryophyllene	
			Germacrene (E)- β -Ocimene	

Espece	Técnica de extracción	Rendimiento	Compuesto	Referencia
			Caryophyllene oxide α -Bisabolol	
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	Arrastre a vapor/ solvente: Etanol	No aplica	No aplica	<i>Soundararajan, et. al, 2021</i>
<i>O.tenuiflorum</i>	Arrastre a vapor			
<i>O.basilicum</i>	Hidrodestilación	Obtuvieron unos valores de 84% y 74%	Alta concentración de monoterpenos y sesquiterpenos	<i>Santosh Shiwakoti, et. al, 2017</i>
<i>H piperum</i>		2%		
<i>S. microphylla</i>		0.6%		
<i>H. drummondii</i>	Arrastre a vapor	0.3%	El proceso permite la obtención de los monoterpenos como el geramil, pineno, limoneno y sesquiterpenos como el farnesol y bisaboleno	<i>Tovar, J. (2007)</i>
<i>S.elegans</i>		0.2%		
<i>H. verticilata y M. rotundifolia</i>		0.1 %		
<i>Ocimum basilicum</i>	Diferentes métodos de extracción como: clewenger (hidrodestilación), soxhlet, ultrasonido, maceración, lixiviación	0.04% y 0.7%	No aplica	<i>Saltos-Bravo M., et al. (2019)</i>

Tabla 2 Rendimiento de diferentes tipos de extracciones en las especies de la familia de las Anonáceas.

Especie	Técnica de extracción	Rendimiento	Compuestos	Referencia
<i>A. cherimola</i>	Muestra su actividad insecticida en los extractos con cloroformo y éter de petróleo.	No aplica	Acetogeninas y alcaloides	<i>Abel J., et al. (1997)</i>
<i>A. muricata</i>	Maceración	El mayor valor de concentración de flavonoides (0,205 mg/g mat.veg) se alcanzó trabajando a una concentración de etanol de 96 %	Flavonoides	<i>García, Y., et al. (2016)</i>
<i>A. muricata</i>	Decantación	Se determinó el efecto muestra: solvente en el rendimiento de la extracción de acetogenina, obteniendo mayor rendimiento de acetogenina en la concentración (1:4) con un 5.016% de acetogenina.	Acetogeninas	<i>Reyna, M. (2018)</i>
<i>A. cherimola</i> y <i>A. muricata</i>	Maceración	En este estudio la annona cherimola tuvo un rendimiento en etanol del 3.7%	Alcaloides	<i>Rodriguez, H. (2017)</i>

Tabla 3

Investigaciones que se han realizado sobre la actividad larvica de algunas plantas de la familia Lamiaceae y Annonaceae.

Espece	Parte de la planta	Vector	LC50 y LC90	Referencia
<i>O. basilicum</i> ,			81ppm y 113ppm	
<i>O. basilicum</i> fa. <i>citratum</i> <i>O. americanum</i> <i>O. gratissimum</i> <i>O. tenuiflorum</i>	Partes aéreas	<i>Aedes aegypti</i> (L.), Culicidae	161ppm y 283ppm 168ppm y 279ppm 138ppm y 184ppm 133ppm y 240ppm	<i>Chokechaijaroenporn, O., et al.</i> (1994).
<i>Lantana camara</i> , <i>Tagetes patula</i> y <i>Ocimum sanctum</i>	Hojas	<i>Aedes aegypti</i> and <i>Culex quinquefasciatus</i>	Entre 200 y 400ppm tuvo un % de mortalidad de 55 y 40 respectivamente en el vector <i>Aedes aegypti</i> .	<i>Dharmagadda, V. S. S., et al</i> (2005).
<i>Artemisia nilagirica</i> (Clarke) Pamp. y <i>Ocimum sanctum</i> Linn	Partes aéreas	<i>Aedes aegypti</i> , <i>Anopheles</i> <i>stephensi</i> and <i>Culex</i> <i>quinquefasciatus</i>	Las LC ₅₀ y LC ₉₀ (ppm) fueron 45.67 y 60.6 respectivamente en aceite esencial contra <i>Aedes</i> <i>aegypti</i> .	<i>Verma Prashant, R., et al</i> (2006).
<i>Ocimum sanctum</i>	Hojas	<i>Aedes aegypti</i>	Acción larvica (DL 50 85,11 ppm) contra mosquitos <i>Aedes aegypti</i> de cuarto estadio	<i>Gbolade A.A et al</i> (2008).
<i>Acalypha indica</i> <i>Achyranthes aspera</i> <i>Leucas aspera</i> <i>Morinda tinctoria</i>	Hojas	<i>Aedes aegypti</i> L and <i>Culex quinquefasciatus</i>	48ppm 18ppm 20ppm 52ppm	<i>Bagavan, A., et al.</i> (2008).
<i>Ocimum sanctum</i>			Todas mostraron mejor rendimiento en metanol	
<i>Momordica charantia</i> <i>Moringa oleífera</i>	Hojas	<i>Culex gelidus</i> (Cx. gelidus) y <i>Culex</i> <i>quinquefasciatus</i> (Cx. <i>quinquefasciatus</i>	La mayor mortalidad fue encontrada en extracto de hojas en etil acetato de M charantia, extracto en etil	<i>Kamaraj, C., et al</i> (2010).

Espece	Parte de la planta	Vector	LC50 y LC90	Referencia
<i>Ocimum gratissimum</i>			acetato y metanol de O. gratissimum,	
<i>Ocimum tenuiflorum</i>			O. tenuiflorum y extractos de corteza en metanol de M. oleifera y el extracto del fruto de P granatum contra las larvas de Cx. gelidus con valores LC ₅₀ de 180.36, 189.41, 343.50, 261.45, 123.32, 162.34, 323 ug/ml.	
<i>Punica granatum</i>				
<i>Tribulus terrestris.</i>				
<i>Ocimum tenuiflorum</i>				
<i>Ocimum sanctum Linn.</i>	Hojas	<i>Aedes aegypti</i> (Linn.), <i>Anopheles stephensi</i> (Liston), <i>Culex quinquefasciatus</i> (Say)).	<i>Ae. Aegypti</i> LC ₅₀ Methanol 134.73 Ethyl acetate 153.39 Hexane 175.12	Saranraj, P., & Devi, D. (2015).
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	Hojas	<i>Aedes aegypti</i>	LC ₅₀ 291,29ppm	Ravi, P., et al (2012).
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	Hojas y flores	<i>Aedes aegypti</i> y <i>Culex quinquefasciatus</i>	Extractos de acetona, cloroformo, acetato de etilo, hexano y metanol de hojas y flores de Ocimum Sanctum frente a larvas de cuarto estadio de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Culex quinquefasciatus</i> . Los valores de LC ₅₀ de SG contra las larvas de <i>A. aegypti</i> fueron 425.94, 150.40, 350.78, 575.26 y 175.67 y contra las larvas de <i>C. quinquefasciatus</i> fueron 592.60, 93.92, 212.36, 76.61 y 82.12 ppm, respectivamente.	Upadhyay, R. K. (2017)

Especie	Parte de la planta	Vector	LC50 y LC90	Referencia
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	Hojas	En este estudio se evaluó el efecto insecticida del aceite esencial de <i>Ocimum sanctum</i> L. sobre el desarrollo post-embriionario de la mosca azul <i>Chrysomya putoria</i> .	<i>Ocimum tenuiflorum</i> causó alteraciones morfológicas adultos cuyas larvas fueron tratadas con concentraciones de 4.13 mg / mL y 8.25 mg / MI	<i>Chil-Núñez, I., et. al (2018).</i>

Tabla 4 Investigaciones que se han realizado sobre la actividad larvicida de algunas plantas de la familia de las Anonáceas.

Especie	Parte de la planta	Vector	LC ₅₀ y LC ₉₀	Referencia
<i>Annona cherimola</i> Miller “chirimoya”	Semillas	<i>Anopheles sp</i>	LC ₅₀ y LC ₉₀ a las 48 horas de evaluación <i>Annona cherimola</i> 0,009 – 0,038 (ml/100ml)	<i>Álvarez, M. B., et al (2002).</i>
<i>A. muricata</i> Linneaus “guanábana”			<i>Annona muricata</i> 0,001 – 0,016 (ml/100ml)	
<i>Annona cherimola</i>	Hojas	<i>Aedes aegypti</i>	LC ₅₀ = 30,7ppm	<i>Ramírez, R., et al. (2011).</i>
<i>Annona cherimola</i>				
<i>Annona squamosa</i>				
<i>Annona montana</i>				
<i>Annona muricata</i>				
<i>Annona glauca</i>	Semillas	No aplica	No aplica	<i>Dahiya, R., et al. (2021)</i>
<i>Annona scleroderma</i>				
<i>Annona glabra</i>				
<i>Annona reticulata</i>				
<i>Annona purpurea</i>				